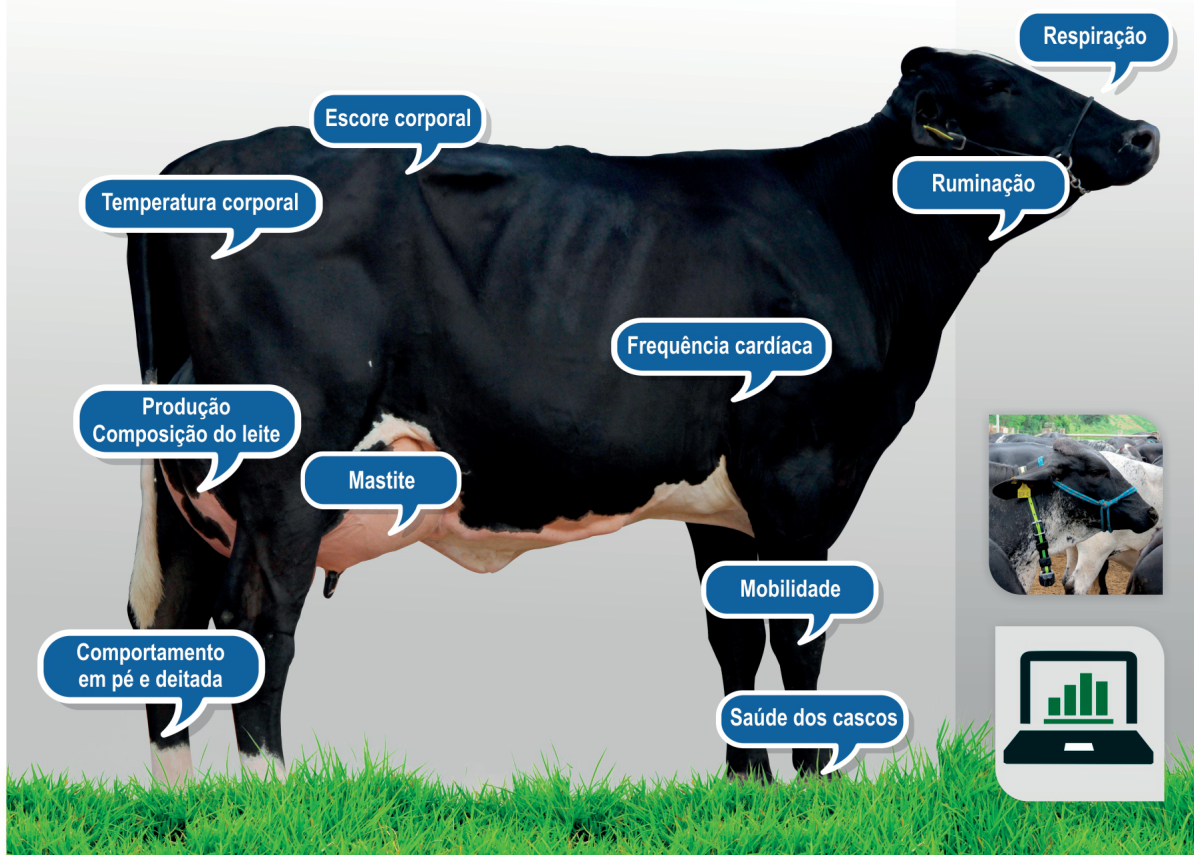


Pecuária leiteira de precisão: uso de sensores para monitoramento e detecção precoce de alterações na saúde de bovinos leiteiros



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Leite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

DOCUMENTOS 227

Pecuária leiteira de precisão: uso de sensores para monitoramento e detecção precoce de alterações na saúde de bovinos leiteiros

*Vanessa Amorim Teixeira
Thierry Ribeiro Tomich
Ângela Maria Quintão Lana
Lúcio Carlos Gonçalves
Sandra Gesteira Coelho
Cláudio Antonio Versiani Paiva
Fernanda Samarini Machado
Mariana Magalhães Campos
Luiz Gustavo Ribeiro Pereira*

Autores

***Embrapa Gado de Leite
Juiz de Fora, MG
2018***

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Dom Bosco
CEP: 36038-330 – Juiz de Fora/MG
Telefone: (32)3311-7400
Fax: (32)3311-7424
<http://www.embrapa.br>
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da Unidade
Responsável

Presidente
Pedro Braga Arcuri

Secretária-Executiva
Inês Maria Rodrigues

Membros
*Jackson Silva e Oliveira, Leônidas Paixão
Passos, Alexander Machado Aua, Fernando
Cesár Ferraz Lopes, Francisco José da Silva
Lédo, Pérsio Sandir D'Oliveira, Fábio Homero
Diniz, Frank Ângelo Tomita Bruneli, Nívea
Maria Vicentini, Letícia Caldas Mendonça, Rita
de Cássia Bastos de Souza, Rita de Cássia
Palmyra da Costa Pinto, Virgínia de Souza
Columbiano Barbosa*

Supervisão editorial
Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Normalização bibliográfica
Inês Maria Rodrigues

Tratamento das ilustrações e editoração eletrônica
Carlos Alberto Medeiros de Moura

Arte da Capa
Adriana Barros Guimarães

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

1ª edição
On line (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Gado de Leite

Pecuária leiteira de precisão: uso de sensores para monitoramento e detecção
precoce de alterações na saúde de bovinos leiteiros / Vanessa Amorim
Teixeira... [et al.]. – Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite, 2018.
19 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 227).

ISSN 1516-7453

1. Pecuária leiteira. 2. Precisão 3. Monitoramento. 4. Detecção. 5. Bovinos
leiteiros. I. Teixeira, Vanessa Amorim. II. Tomich, Thierry Ribeiro. III. Lana,
Ângela Maria Quintão. IV. Gonçalves, Lúcio Carlos. V. Coelho, Sandra Gesteira.
VI. Paiva, Cláudio Antônio Versiani. VII. Campos, Mariana Magalhães. VIII.
Machado, Fernanda Samarini. IX. Pereira, Luiz Gustavo Ribeiro. X. Série.

CDD 636.2142

Autores

Vanessa Amorim Teixeira

Médica-veterinária, M.Sc., doutoranda em zootecnia – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, MG

Thierry Ribeiro Tomich

Médico-veterinário, D.Sc., pesquisador – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Ângela Maria Quintão Lana

Agrônoma, D.Sc., professora – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, MG

Lúcio Carlos Gonçalves

Agrônomo, D.Sc., professor – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, MG

Sandra Gesteira Coelho

Médica-veterinária, D.Sc., professora – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, MG

Cláudio Antônio Versiani Paiva

Médico-veterinário, D.Sc., analista – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Mariana Magalhães Campos

Médica-veterinária, D.Sc., pesquisadora – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Fernanda Samarini Machado

Médica-veterinária, D.Sc., pesquisadora – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Médico-veterinário, D.Sc., pesquisador – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Apresentação

As questões relacionadas à saúde animal sempre tiveram profunda relevância na atividade leiteira, em função dos impactos que gera. A aquisição de medicamentos, a perda temporária da produção dos animais comprometidos, a contaminação ambiental e até mesmo humana e, no limite, possíveis descartes de animais são consequências que se buscam evitar, com visível evolução na redução destes problemas nas últimas três décadas. De procedimentos curativos evoluímos para protocolos preventivos. De uso medicamentoso de largo espectro evoluímos para intervenções cada vez mais específicas. O resultado é que avançamos na minimização de perdas de receita, de patrimônio e no comprometimento dos custos de produção derivados dos acometimentos de ecto e endoparasitas.

Se por um lado impactos na produção devem ser considerados, pelas repercussões financeiras, econômicas e patrimoniais, por outro há que se considerar as características do novo consumidor, cujas exigências vão além dos alimentos seguros. Cada vez mais é preciso mostrar que os processos produtivos estão cercados de cuidados que garantam a inocuidade dos alimentos e que os animais, além de saudáveis, estão submetidos a um ambiente e manejo que minimizam stress e exposição a possíveis contaminantes.

O processo de automação, em curso em toda a indústria, chegou às propriedades leiteiras. O mundo digital já é uma realidade no leite e a base de toda a transformação é o acesso facilitado a sensores, cada vez mais potentes, resistentes, precisos e baratos. O uso contínuo em diferentes situações cada vez mais permite colher dados que desafiam o limite da

imaginação, possibilitando correlacionar variáveis que, até há bem pouco tempo, não podiam nem mesmo ser quantitativamente aferidas.

A presente publicação resulta de um esforço em disseminar o entendimento e a aplicação de sensores, este instrumento que saiu das viagens espaciais, passou pelas pistas da fórmula um e pelos aviões de guerra, e aportou no mundo do leite. O uso de sensores na saúde animal é instrumento fundamental para que diagnósticos possam ser feitos de maneira precoce e está em consonância com as demandas do novo produtor e do novo consumidor de leite.

Nas páginas que se seguem, é possível aprender sobre a aplicação de sensores no monitoramento da glândula mamária, na detecção dos distúrbios metabólicos e reprodutivos e nas alterações no sistema locomotor dos animais monitorados. Esta publicação seminal junta conhecimentos aplicados da medicina veterinária e da aplicação da tecnologia de informação e comunicação, materializando o esforço da equipe da Embrapa Gado de Leite em oferecer à comunidade contribuições efetivas e aplicadas à nova realidade da produção de leite, inserida no mundo 4.0.

Paulo do Carmo Martins

Chefe-geral da Embrapa Gado de Leite

Sumário

1. Introdução.....	9
2. Pecuária de precisão e desenvolvimento de sistemas de sensores.....	10
3. Monitoramento da saúde da glândula mamária	11
4. Detecção precoce de distúrbios metabólicos e reprodutivos	12
5. Detecção de alterações do sistema locomotor.....	15
6. Considerações finais	16
7. Referências	16

1. Introdução

A demanda por produtos lácteos e produtos de origem animal crescerá nos próximos 50 anos. O crescimento da população associado às mudanças nos hábitos de consumo alimentar, melhoria no poder aquisitivo, condições de saúde e bem-estar das pessoas, têm promovido aumento no consumo *per capita* de alimentos de origem animal. Esse aumento da demanda associado à redução de unidades de produção de leite tem provocado reflexos no campo, como o aumento do tamanho dos rebanhos e da produtividade por vaca, indicando, dessa forma, o cenário futuro que deverá ser observado nas principais regiões produtoras de leite no mundo (GARGIULO et al., 2018).

No estudo desenvolvido por Alves; Souza; Rocha (2012) foi apontado que apenas cerca de 10% do incremento na produção de leite no Brasil nos últimos anos se deve à expansão da área destinada à atividade, e somente 22% deste foi relacionado ao aumento do trabalho na atividade, enquanto que a adoção de tecnologias foi responsável por 68% desse incremento de produção. Uma pesquisa realizada na Holanda por Steeneveld; Hogeveen (2015) mostrou que fazendas que adotaram algum tipo de tecnologia de precisão obtiveram redução de até 23% das horas trabalhadas por vaca/semana, comparadas àquelas que não faziam uso de sistemas de monitoramento por sensores. Esse fato implica em reorganização do tempo dos funcionários nas fazendas, reduzindo os custos com a mão de obra. Entre as motivações que levam produtores de leite a investir em tecnologias de precisão destaca-se a expectativa de redução do trabalho, maior facilidade no manejo e redução do número de perdas por problemas de saúde dos animais.

O diagnóstico precoce e direcionado pode eliminar e/ou minimizar os efeitos das doenças, reduzindo as taxas de descarte de animais, favorecendo a recuperação da condição de saúde e gerando decréscimo nas perdas econômicas. Por esse motivo, a identificação precoce e individualizada de animais doentes pelo uso de tecnologias de precisão está se tornando uma realidade cada vez mais frequente no campo.

O objetivo dessa série Documentos da Embrapa é descrever as possibilidades de utilização de sensores para o diagnóstico precoce de problemas de saúde em bovinos leiteiros.

2. Pecuária de precisão e desenvolvimento de sistemas de sensores

A pecuária de precisão pode ser definida como uma postura gerencial amparada em tecnologias da informação e comunicação que permite a melhoria do controle da fonte de variabilidade animal e espacial, otimizando o desempenho econômico, social e ambiental da fazenda leiteira (RUTTEN et al., 2013).

As tecnologias de precisão têm sido desenvolvidas com o objetivo de melhorar o gerenciamento dos rebanhos leiteiros e mensurar os indicadores produtivos, comportamentais e fisiológicos em benefício da saúde, produtividade e bem-estar dos animais (STEENEVELD; VERNOOIJ; HOGVEEN, 2015).

Segundo Rutten et al. (2013), o desenvolvimento de sistemas de sensores pode ser subdividido em quatro níveis: (I) tecnologia ou sensor que mede algum parâmetro da vaca, individualmente (tempo de ruminação); (II) interpretações que resumem as mudanças nos dados do sensor para produzir informações sobre o *status* da vaca (por exemplo: queda da ruminação gera alerta sugestivo de deslocamento de abomaso); (III) integração de informações complementares a outros conhecimentos para gerar sugestões (valor econômico); e (IV) o produtor toma uma decisão ou o sistema de sensores toma a decisão de forma autônoma (operar ou descartar o animal). Cavalcanti et al. (2016), com base na figura apresentada por Rutten et al. (2013) ilustraram o fluxo de dados desde o processamento até a tomada de decisão pelo produtor e/ou equipe (Figura 1).

As principais variáveis monitoradas para detecção de problemas de saúde (RUTTEN et al., 2013) por meio de sensores são: produção, composição e contagem de células somáticas (CCS) do leite, ruminação, consumo de alimentos e água e medidores de atividade dos animais.

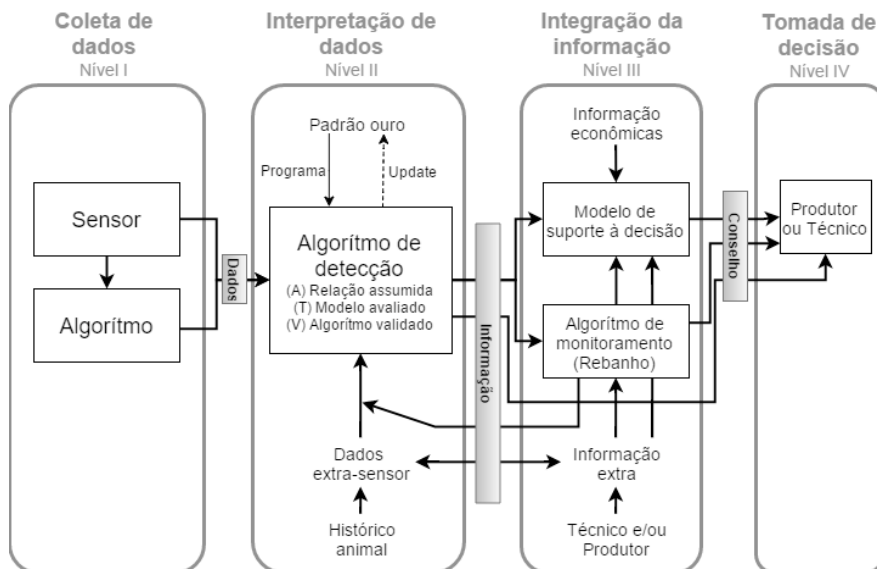


Figura 1. Diagrama do fluxo de dados e informações desde o processamento de dados coletados automaticamente à tomada de decisão pelo produtor e/ou equipe.

Fonte: Adaptado de Rutten et al. (2013) e compilado de Cavalcanti et al. (2016).

3. Monitoramento da saúde da glândula mamária

A mastite continua sendo uma doença prevalente e economicamente prejudicial na indústria do leite (FITZPATRICK et al., 2013). Os efeitos negativos da infecção afetam a saúde e o desempenho das vacas, podendo levar a grandes perdas de produtividade, à diminuição do desempenho reprodutivo, ao comprometimento da saúde e ao aumento do descarte de animais (HERTL et al., 2011).

Para detectar vacas com mastite clínica, os programas de monitoramento de saúde incluem a avaliação das características do leite, sinais de inflamação do úbere e sistêmicos da doença (STAGNAFERRO et al., 2016). Com o objetivo de aumentar ou melhorar a detecção de casos de mastite, produtores de leite têm investido em sistemas automatizados de coleta de dados baseados em sensores (por exemplo: pesos diários do leite, composição do leite, condutividade elétrica, CCS, sangue e coloração). Esses dados podem ser utilizados conjuntamente para auxiliar no diagnóstico de mastite (SORENSEN et al., 2016).

Sorensen et al. (2016) afirmaram que a interpretação automática dos valores de CCS utilizados para emissão de alertas para casos clínicos de mastite pode ser utilizada pelos gestores do rebanho. Essa pode auxiliar no controle de novos casos ou na detecção de casos recorrentes, minimizando a utilização e os gastos com medicamentos intramamários, bem como potencializar a recuperação do animal, diminuindo a segregação e o descarte de vacas. Esses autores reportaram que a proporção de casos de mastite detectados com alertas emitidos por sensores de detecção de CCS foi de 28,0% a 43,1% maior quando comparada com o modelo de amostragem convencional. Essa condição aumentou a detecção de mastite subclínica e reduziu os casos de mastite clínica, devido ao tratamento precoce.

Steenefeld; Vernooij; Hogeveen (2015) notaram que as fazendas de sistema de ordenha convencional que adotaram o uso de sensores para detecção de mastite apresentaram CCS no leite menor após o investimento nesse equipamento. Enquanto que nas fazendas com sistemas automáticos de ordenha (*Automatic Milking System – AMS*) a CCS não foi alterada. Verificaram ainda, que nas fazendas convencionais, a aquisição desses sensores ocorreu com propósito claro de utilização do sistema de monitoramento, enquanto que nas fazendas AMS, os sensores estavam inseridos no pacote tecnológico, não sendo, muitas vezes, utilizados diretamente para esse propósito.

Os estudos de Stangaferro et al. (2016) envolveram a avaliação do tempo de ruminação (TR) individual após desafio com infusão intramamária de lipopolissacarídeo (LPS) de *Escherichia coli*. Os autores perceberam que a ruminação diminuiu após a infusão, caracterizando o quadro clínico de mastite.

4. Detecção precoce de distúrbios metabólicos e reprodutivos

A observação clínica realizada por médico veterinário é a melhor forma de constatar e diagnosticar patologias. Contudo, os exames clínicos são pouco frequentes na maioria das propriedades leiteiras. Assim, muitos casos de doenças podem ser negligenciados. Rebanhos maiores podem demandar mais tempo e dinheiro para realização de diagnósticos de rotina. As patologias

alteram o comportamento animal devido às mudanças fisiológicas no organismo para debelar o agente causador da doença. Portanto, a avaliação do comportamento, como forma de detecção de patologias, e os sinais clínicos, aumenta a eficácia do diagnóstico precoce, reduzindo os custos com terapêutica, melhorando o bem-estar das vacas (BORDERAS, 2009).

O TR observado com o auxílio de sensores pode ser um indicador promissor para acompanhar as condições metabólicas associadas às diminuições no consumo de matéria seca e na produção de leite (SORIANI et al., 2012), como ocorrem nos casos de cetose subclínica. Kaufman et al. (2016) demonstraram que as vacas diagnosticadas com cetose subclínica após o parto ruminam menos quando comparadas às vacas saudáveis, durante a semana anterior e após o parto.

Os ácidos graxos mobilizados do tecido adiposo podem ser incorporados à gordura do leite (VAN HAELEST et al., 2008) e, assim, a composição do leite pode ser utilizada para diagnóstico da cetose. O balanço energético negativo tende a aumentar o teor de gordura do leite, diminuindo seu teor de proteína. Portanto, o aumento da proporção de gordura: proteína pode estar associado ao balanço energético negativo e pode ser indicativo de cetose (JENKINS et al., 2015). Kaufman et al. (2018) observaram que para cada 30 min de redução no TR diário, a relação de gordura: proteína do leite aumenta 0,026 unidades, aumento este que está associado à cetose (JENKINS et al., 2015).

Nos estudos de Schirmann et al. (2016), em média, as vacas saudáveis passaram 14% mais tempo ruminando do que as vacas com cetose. A ingestão de matéria seca foi 12% e 15% maior em animais saudáveis do que em vacas com metrite associada à cetose e somente cetose, respectivamente. Vacas saudáveis gastaram 18% a 29% mais tempo alimentando-se do que as vacas com cetose e metrite associada à cetose. Rutherford et al. (2016) confirmaram os efeitos duradouros da cetose na eficiência reprodutiva. Relataram que o intervalo do parto até o primeiro estro, do parto para a primeira inseminação e os intervalos entre partos foram prolongados em vacas que apresentaram quadros de cetose.

Calamari et al. (2014) avaliaram o TR durante o período de transição para detecção precoce de doenças. Os autores observaram que mais de 90% das vacas no grupo que apresentou TR menor no período periparto apresentaram

doenças clínicas no início da lactação, em comparação com 42% das vacas de TR maior. A maioria das vacas que apresentaram problemas de saúde (claudicação, cetose e inflamação) durante o primeiro mês de lactação tiveram manifestações clínicas após a primeira semana de lactação, com aumento mais lento no TR após o parto. Stagnaferro et al. (2016) demonstraram que a utilização do TR obtido de forma automatizada em conjunto com o monitoramento da atividade foram efetivos para identificar vacas com casos graves de metrite e outros transtornos de saúde em sistemas de produção que utilizavam AMS.

Steensels et al. (2017) utilizaram sensores de avaliação de atividade, produção de leite e ruminação como indicadores para o diagnóstico clínico de cetose e metrite no pós-parto. No período de cinco dias antes do diagnóstico e até dois dias depois do tratamento, a duração das atividades, a produção de leite e o TR foram menores nas vacas doentes quando comparadas às vacas saudáveis. As maiores diferenças ocorreram três dias antes do diagnóstico, considerando-se a duração da ruminação, e um dia antes do diagnóstico, considerando a produção de leite. Esses resultados indicaram a possibilidade de desenvolvimento de sistema de detecção de problemas de saúde pós-parto com base na duração da ruminação, atividade e na produção de leite.

Costa et al. (2016) identificaram que quedas bruscas na temperatura retículo-ruminal entre 32 e 20 h antes do parto indicavam vacas com distocias (queda de 0,23 °C), sugerindo que a temperatura retículo-ruminal deve ser considerada como possível preditor de eventos anormais de parto. Embora o TR varie entre e dentro dos rebanhos, o monitoramento contínuo das mudanças parece ser útil na detecção precoce de parto distócico (CALAMARI; SORIANI; INTINI, 2011).

Steensels et al. (2016) sugeriram modelo de boa precisão de detecção da saúde pós-parto utilizando sensores disponíveis em ordenha AMS (dados de ordenha, TR, atividade de vaca, produção de leite e número de visitas ao robô). A precisão geral do modelo foi de até 92%. Nas explorações leiteiras em que o veterinário é pago por vaca tratada ou por visita mensal e, considerando que o produtor tem pouco tempo disponível para avaliação individual dos animais, este modelo se torna uma estratégia viável como prática para fornecer informações sobre o potencial status de risco de saúde da vaca.

Assim, monitorar TR em torno do parto e, em particular, durante a primeira semana de lactação, são potenciais estratégias para redução de problemas de saúde dos rebanhos e para minimização de perdas econômicas.

5. Detecção de alterações do sistema locomotor

As alterações do sistema locomotor são um dos maiores e mais importantes problemas nas grandes unidades intensivas de produção de leite do Brasil. As alterações fisiológicas e comportamentais das vacas que ocorrem durante a lactação, principalmente durante o período de transição, podem aumentar o risco de claudicação, prejudicando a vida produtiva. A identificação precoce destas situações de risco possibilita correções no manejo, evitando prejuízos (PROUDFOOT; WEARY; KEYSERLINGK, 2010).

Van Hertem et al. (2013) evidenciaram a influência da claudicação no comportamento e desempenho de vacas leiteiras. Os autores mostraram diferença significativa entre o grupo claudicante ($37,7 \pm 0,5$ kg) e o grupo sem problema podal ($45,1 \pm 0,5$ kg) na produção diária de leite em todos os dias, a partir de três semanas antes e após o diagnóstico e o tratamento. O padrão de locomoção sofre alterações significativas após o casqueamento de rotina (VAN HERTEM et al., 2014); os autores concluíram ainda que o nível diário de atividade aferido por sensores foi reduzido com o aumento de uma unidade de escore de claudicação (considerando escala de 1 a 5 para animais sadios e com claudicação severa, respectivamente).

Proudfoot; Weary; Keyserlingk (2010) avaliaram dispositivos para registro de atividade, fixados aos membros posteriores das vacas, para aferir o tempo de permanência em estação. As vacas que apresentaram claudicação após o parto ficaram em pé por mais tempo nos períodos pré-parto (839 vs. 711 min/dia) e pós-parto (935 vs. 693 min/dia) do que as sem claudicação. Outra diferença na atividade dos animais claudicantes foi o maior tempo passado com apoio incompleto (com os dois cascos anteriores na instalação e os dois posteriores no corredor), de 241 vs. 147 min/dia. Tal fato relaciona-se com o aumento da incidência de acidose e das lesões de casco, como a laminite. A combinação do comportamento associada ao registro de atividade

por sensores permite gerar dados da prevalência e incidência das alterações podais no rebanho, e auxilia na visualização da causa principal do problema e a intervenção correta, minimizando assim perdas econômicas e produtivas (VAN HERTEM et al., 2016).

6. Considerações finais

Os sensores podem ser empregados para detecção precoce de patologias relacionadas à pecuária de leite. Para isso, é importante a avaliação individual, sistemática e, se possível, ininterrupta dos animais, para que se possa criar padrões de comportamento e procedimentos para detectar precocemente alterações na saúde dos animais.

7. Referências

ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; ROCHA, D. P. Lucratividade da agricultura. **Revista de Política Agrícola**, v. 21, p. 45-63, 2012.

BORDERAS, F. T. **Illness and milk feeding level's effects on calf behavior**. 2009. 164 p. Tese (Doutorado) – University of Bristh Columbia, Vancouver, Canadá.

CALAMARI, L. et al. Rumination time around calving: an early signal to detect cows at greater risk of disease. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 3635-3647, 2014.

CALAMARI, L.; SORIANI, N.; INTINI, M. Automatic measurement of rumination activity in lactating cows during summer season. **Italian Journal of Animal Science**, v. 10, p. 119, 2011.

CAVALCANTI, L. F. L.; RIBAS, M. N.; PEREIRA, L. G. R. Contribuições das tecnologias da informação e comunicação para a pecuária de leite. In: VILELA, D.; FERREIRA, R. P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V. (Org.). **Pecuária de Leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 401-416.

COSTA, J. B. G. et al. Reticulo-rumen temperature as a predictor of calving time in primiparous and parous Holstein females. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 4839-4850, 2016.

FITZPATRICK, C. E. et al. The effect of meloxicam on pain sensitivity, rumination time, and clinical signs in dairy cows with endotoxin-induced clinical mastitis. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 2847-2856, 2013.

GARGIULO, J. I. et al. Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 1-8, 2018.

HERTL, J. A. et al. The effect of recurrent episodes of clinical mastitis caused by gram-positive and gram-negative bacteria and other organisms on mortality and culling in Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 4863-4877, 2011.

JENKINS, N. T. et al. Utility of inline milk fat and protein ratio to diagnose subclinical ketosis and to assign propylene glycol treatment in lactating dairy cows. **Canadian Veterinary Journal**, v. 56, p. 850-854, 2015.

KAUFMAN, E. I. et al. Association of rumination time and health status with milk yield and composition in early-lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 462-471, 2018.

KAUFMAN, E. I. et al. Association of rumination time with subclinical ketosis in transition dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 5604-5618, 2016.

PROUDFOOT, K. L.; WEARY, D. M.; KEYSERLINGK, M. A. G. Behavior during transition differs for cows diagnosed with claw horn lesions in mid lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 3970-3978, 2010.

RUTHERFORD, A. J.; OIKONOMOU, G.; SMITH, R. F. The effect of subclinical ketosis on activity at estrus and reproductive performance in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 4808-4815, 2016.

RUTTEN, C. J. et al. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 1928-1952, 2013.

SCHIRMANN, K. et al. Rumination and feeding behaviors differ between healthy and sick dairy cows during the transition period. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 9917-9924, 2016.

SORENSEN, L. P. et al. Monitoring individual cow udder health in automated milking systems using online somatic cell counts. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 608-620, 2016.

SORIANI, N. et al. Relationships between rumination time, metabolic conditions, and health status in dairy cows during the transition period. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 4544-4554, 2012.

STANGAFERRO, M. L. et al. Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders: Part I. Metabolic and digestive disorders. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 7395-7410, 2016.

STEENEVELD, W.; HOGVEEN, H. Characterization of Dutch dairy farms using sensor systems for cow management. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 709-717, 2015.

STEENEVELD, W.; VERNOOIJ, J. C. M.; HOGVEEN, H. Effect of sensor systems for cow management on milk production, somatic cell count, and reproduction. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 3896-3905, 2015.

STEENSELS, M. et al. A decision-tree model to detect post-calving diseases based on rumination, activity, milk yield, BW and voluntary visits to the milking robot. **Animal**, v. 10, p. 1493-1500, 2016.

STEENSELS, M. et al. Towards practical application of sensors for monitoring animal health: the effect of post-calving health problems on rumination duration, activity and milk yield. **Journal of Dairy Research**, v. 84, p. 132-138, 2017.

VAN HAELEST, Y. N. T. et al. Short communication: Elevated concentrations of oleic acid and short chain fatty acids in milk fat of multiparous subclinical ketotic cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 4683-4686, 2008.

VAN HERTEM, T. et al. Lameness detection based on multivariate continuous sensing of milk yield, rumination, and neck activity. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 4286-4298, 2013.

VAN HERTEM, T. et al. Lameness detection in dairy cattle: single predictor v. multivariate analysis of image-based posture processing and behaviour and performance sensing. **Animal**, v. 10, p. 1525-1532, 2016.

VAN HERTEM, T. et al. The effect of routine hoof trimming on locomotion score, ruminating time, activity, and milk yield of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 4852-4863, 2014.



Gado de Leite